



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 199 58 904 C 2

⑤① Int. Cl. 7:  
H 01 L 21/308  
B 81 C 1/00

②① Aktenzeichen: 199 58 904.6-33  
②② Anmeldetag: 7. 12. 1999  
④③ Offenlegungstag: 21. 6. 2001  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 24. 1. 2002

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:  
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

⑦④ Vertreter:  
Müller - Hoffmann & Partner Patentanwälte, 81667  
München

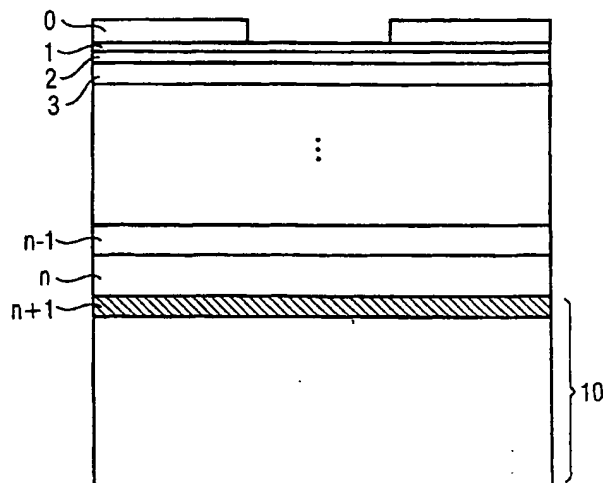
⑦② Erfinder:  
Gutsche, Martin, 84405 Dorfen, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE	196 32 835 C1
DE	197 28 473 A1
US	58 21 169
US	53 78 316
EP	09 32 187 A2
EP	09 08 937 A2

⑤④ Verfahren zur Herstellung einer Hartmaske auf einem Substrat

⑤⑦ Verfahren zur Herstellung einer Hartmaske auf einem Substrat (10), insbesondere auf einer Hauptfläche eines Halbleitersubstrats, welches folgende Schritte aufweist:  
a) Bilden einer ersten Hartmaskenschicht (n) auf dem Substrat (10);  
b) Bilden mindestens einer weiteren Hartmaskenschicht (n - 1) auf der ersten Hartmaskenschicht (n);  
c) Strukturieren der weiteren Hartmaskenschicht (n - 1) derart, daß ein Bereich der ersten Hartmaskenschicht (n) freigelegt wird; und  
d) Strukturieren der ersten Hartmaskenschicht (n) unter Verwendung der weiteren Hartmaskenschicht (n - 1) als Maske derart, daß ein Bereich des Substrats (10) freigelegt wird, dadurch gekennzeichnet, daß  
mehrere weitere Hartmaskenschichten (n - 1, n - 2, ..., 1) auf der ersten Hartmaskenschicht (n) gebildet werden, welche sukzessive unter Verwendung mindestens einer darüberliegenden Hartmaskenschicht als Maske strukturiert werden, bis der Bereich des Substrats (10) freigelegt ist, und  
die Hartmaskenschichten (n, n - 1, ..., 1) einen Stapel mit nach unten in Richtung auf das Substrat (10) zunehmender Dicke bzw. Resistenz der jeweiligen Maske gegen ein beim Strukturieren der im Stapel unter dieser Maske liegenden Hartmaskenschicht bzw. des Substrats (10) verwendetes Ätzmittel bilden.



DE 199 58 904 C 2

DE 199 58 904 C 2

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Hartmaske auf einem Substrat, und insbesondere ein Verfahren zur Herstellung einer Hartmaske auf einer Hauptfläche eines Halbleitersubstrats.

[0002] Obwohl prinzipiell auf die verschiedensten Substratstrukturen anwendbar, werden die vorliegende Erfindung und die ihr zugrundeliegende Problematik anhand eines Halbleitersubstrats beschrieben.

[0003] Bisher wurde zur Ätzung von Halbleitersubstraten in einfachen Verfahrensausführungen lediglich eine Hartmaskenschicht verwendet, die direkt unter Zuhilfenahme einer photolithografisch strukturierten Lackmaske geöffnet wurde.

[0004] Ätzungen von Halbleitersubstraten mit extrem hohem Aspektverhältnis bzw. die Strukturierung schwer ätzbarer Materialien sind mit dieser Maske nicht mehr möglich, wenn für sie eine Hartmaskendicke erforderlich ist, die in einem einzigen Ätzschritt mit einer Photolackmaske gar nicht mehr geöffnet werden kann.

[0005] In US 5,378,316, US 5,821,169, EP 0 932 187 A2 und DE 196 32 835 C1 sind jeweils Verfahren beschrieben, bei denen eine weitere Hartmaskenschicht auf einer auf einem Substrat vorgesehenen ersten Hartmaskenschicht gebildet und strukturiert wird, um sodann mit Hilfe dieser strukturierten weiteren Hartmaskenschicht die darunter liegende erste Hartmaskenschicht einer Strukturierung zu unterziehen. Geeignete Materialien für Hartmaskenschichten sind in DE 197 28 473 A1 beschrieben, und verschiedene Schichten mit Maskenfunktion können EP 0 908 937 A2 entnommen werden.

[0006] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur Herstellung einer Hartmaske erhöhter Ätzresistenz anzugeben, welches Ätzungen realisierbar macht, die durch Anwendung einer üblichen Hartmaskentechnik nicht mehr möglich sind.

[0007] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch das in Anspruch 1 angegebene Verfahren gelöst.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren weist gegenüber den bekannten Lösungsansätzen den Vorteil auf, daß Ätzungen von Halbleitersubstraten mit extrem hohem Aspektverhältnis bzw. die Strukturierung schwer ätzbarer Materialien mit dieser Hartmaske gut realisierbar sind.

[0009] Bei weiter abnehmender Photolackdicke (bei kleinerer Strukturgröße) dürfte das beschriebene Verfahren ebenso an Attraktivität gewinnen.

[0010] Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Idee besteht darin, daß ein n-lagiges Hartmaskenschichtsystem verwendet wird, wobei n eine natürlich Zahl größer gleich 2 ist, um die Zielschicht bzw. das Zielschichtpaket n + 1 durch einen Ätzprozeß, z. B. einen Trockenätzprozeß, strukturieren zu können.

[0011] Die Zielschicht ist dabei als Bestandteil des Substrats definiert oder kann auch dieses selbst sein. Eine geeignete Hintereinanderschaltung von Hartmasken wird dem Anwendungsfall entsprechend zu konzipieren sein.

[0012] In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des in Anspruch 1 angegebenen Verfahrens.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung wird das Strukturieren benachbarter Hartmaskenschichten mittels zweier unterschiedlicher Ätzprozesse durchgeführt, welche es ermöglichen, die obere Hartmaskenschicht mit bestimmter Selektivität gegenüber der unteren Hartmaskenschicht zu ätzen sowie die untere Hartmaskenschicht mit hoher Selektivität (d. h. bevorzugt) gegenüber der oberen Hartmaskenschicht zu ätzen.

[0014] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird das Strukturieren der obersten Hartmaskenschicht mit einer Photolackmaske durchgeführt.

[0015] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird die Photolackmaske nach dem Strukturieren der obersten Hartmaskenschicht entfernt.

[0016] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung verbleibt nach dem Freilegen des Substrats ein Rest der zweituntersten Hartmaskenschicht auf der untersten Hartmaskenschicht.

[0017] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden alternierend Hartmaskenschichten zweier verschiedener Typen gebildet.

[0018] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden mit mindestens einer Hartmaskenschichten gleichzeitig mindestens zwei darunter liegende Hartmaskenschichten geöffnet.

[0019] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden die beiden Materialien der Hartmaskenschichten aus folgenden Paaren ausgewählt: Si-SiO<sub>2</sub>; Si-SiN; SiO<sub>2</sub>-SiN; SiO<sub>2</sub>-Al.

[0020] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden die Materialien der Hartmaskenschichten aus folgenden ausgewählt:

Silizium, insbesondere  $\alpha$ -Si, Poly-Si; Siliziumoxide, insbesondere SiO, SiO<sub>2</sub>; Borsilikatglas BSG, Bor-Phosphor-Silikatglas BPSG; Flowable Oxide FOX, . . .; SiN; SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>; W; WSi; Ti; TiN; TiSi; Al; Cu; Ta; TaN; Metalloxide, insbesondere Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

[0021] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird zwischen zwei benachbarten Hartmaskenschichten und/oder zwischen dem Substrat und der ersten Hartmaskenschicht eine dünne Barrierschicht gebildet (typischerweise  $\leq 10\%$  der Dicke der Hartmaskenschicht), die beim Ätzen ebenfalls strukturiert werden.

[0022] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird das erfindungsgemäße Verfahren bei einer Kontaktlochätzung oder bei einer Deep Trench Ätzung oder bei einer Ätzung nicht-volatiler Materialien, wie z. B. Pt, Ir o. ä. angewendet.

[0023] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung sind bei dieser Anwendung die Hartmaskenschichten folgendermaßen aufgebaut: Oxid-X-Oxid-X . . ., insbesondere Oxid-X oder Oxid-X-Oxid, wobei X = Silizium, insbesondere  $\alpha$ -Si, Poly-Si; SiN; Al; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; oder Oxid-X wobei X = A-B = Si-SiO<sub>2</sub>; Si-SiN; Si-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; SiN-SiO<sub>2</sub>; Al-SiO<sub>2</sub>; Al-SiN; Al-SiON (Erstgenanntes jeweils zuunterst).

[0024] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0025] Es zeigen:

[0026] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Halbleitersubstrates mit einem Stapel aus n Hartmaskenschichten zur Illustration einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

[0027] Fig. 2a-e eine Darstellung der wesentlichen Verfahrensschritte einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Stapel aus 2 Hartmaskenschichten.

[0028] In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Elemente.

[0029] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleitersubstrates mit einem Stapel aus n Hartmaskenschichten mit nach unten zunehmender Dicke bzw. Ätzresistenz zur Illustration einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0030] In Fig. 1 bezeichnet Bezugszeichen 10 ein Halbleitersubstrat mit einer durch die Hartmaske zu ätzenden

Schicht  $n + 1$ , welche per definitionem zum Substrat 10 gehört oder das Substrat selbst ist. Darüber sind Hartmaskenschichten  $n, n - 1, \dots, 3, 2, 1$  mit jeweiliger Dicke  $d_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) sowie eine bereits strukturierte Photolackschicht 0 der Dicke  $d_0$  vorgesehen, wobei letztere auf die oberste Hartmaskenschicht 1 der Dicke  $d_1$  aufgebracht ist.

[0031] Mit Hilfe eines geeigneten Ätzverfahrens wird die Hartmaskenschicht 1 geöffnet und dann der Photolack vorzugsweise, aber nicht zwingend, entfernt. Die Hartmaskenschicht 1 dient dann als Hartmaske bei der Ätzung der Hartmaskenschicht 2, wobei vorzugsweise, aber nicht zwingend, ein Rest der Hartmaskenschicht 1 auf der Hartmaskenschicht 2 verbleibt. Dann wird die Hartmaskenschicht 3 mit Hilfe der Hartmaskenschicht 2 strukturiert und so weiter und so fort.

[0032] Bei Wahl geeigneter Hartmaskenmaterialien und -dicken und entsprechender Ätzprozesse mit geeigneten Ätzselektivitäten kann mit Hilfe einer dünnen Photolackmaske und einer relativ dünnen Hartmaskenschicht 1 eine beliebige Dicke bzw. beliebig ätzresistente Hartmaskenschicht  $n$  erzeugt werden, die dann letztendlich zusammen mit einer eventuell vorhandenen, nicht ganz aufgebrauchten Hartmaskenschicht  $n - 1$  als Hartmaske zur Ätzung der Zielschicht  $n + 1$  bzw. des Substrats dienen kann.

[0033] Zur quantitativen Betrachtung werden folgende Symbole verwendet:

$d_i$  Ausgangsdicke der Schicht  $i$

$ER_{p,i}$  Ätzrate vom Material der Schicht  $i$  bei der Ätzung der Schicht  $p$  (Ätzprozess  $p$ )

$S_{p,ij} = ER_{p,i}/ER_{p,j}$  Selektivität von Schicht  $i$  zu Schicht  $j$  während Ätzung der Maskenschicht  $p$

$f_{ue,i}$  Anteil der Schicht  $i$ , der nach Öffnung der Schicht  $i + 1$  als Rest der Schicht  $i$  verbleibt

$f_{oe,i}$  auf Schichtdicke  $d_i$  bezogener Überätzbeitrag während Ätzung der Schicht  $i$

[0034] Für gegebene Ätzraten  $ER_{p,i}$  und Selektivitäten  $S_{p,ij}$  sowie für bestimmte geforderte Überätzfaktoren  $f_{oe,i}$  und Restschichtdickenfaktoren  $f_{ue,i}$  lassen sich folgende Formeln zwischen den Schichtdicken der Hartmaskenfilme herleiten. Mit Hilfe dieser Formeln lassen sich iterativ bei gegebenen Anfangsdicken  $d_0, d_1$  die erzielbaren Maskendicken  $d_i$  und damit  $d_n$  sowie die erreichbare Ätztiefe  $d_{n+1}$  in der Zielschicht  $n + 1$  errechnen. Bei gegebenen Dicken  $d_n$  und/oder  $d_{n+1}$  lassen sich die erforderlichen Ausgangsdicken der obersten Hartmaske  $d_1$  bzw. der Photolackmaske  $d_0$  ermitteln.

$$d_{i+1} = S_{i+1,i+1}F_i d_i + S_{i+1,i+1}G_{i-1}d_{i-1} \quad (1)$$

mit

$$F_i = [1 - f_{ue,i} + (S_{i,i+1}/S_{i+1,i+1})f_{oe,i}]/[1 + f_{oe,i+1}]$$

$$G_{i-1} = f_{ue,i-1}/[1 + f_{oe,i+1}]$$

[0035] Werden die Überätzfaktoren  $f_{oe,i}$  und Restschichtdickenfaktoren  $f_{ue,i}$  vernachlässigt, so ergibt sich der einfache Ausdruck für die Ätztiefe  $d_{n+1}$  der Zielschicht:

$$d_{n+1} = S_{n+1,n+1}S_{n,n+1}S_{n-1,n-1}S_{n-2,n-2} \dots S_{2,2}S_{1,1}d_0 \quad (2)$$

[0036] Als Maskenmaterialien kommen besonders alle gängigen, in der Halbleiterindustrie Verwendung findende Materialien wie  $Si(\alpha-Si, Poly-Si)$ , Siliziumoxide ( $SiO_2$ , BSG, BPSG, FOX, ...),  $SiN$ ,  $SiO_xN_y$ , W,  $WSi$ ,  $Ti$ ,  $TiN$ ,  $TiSi$ ,  $Al$ ,  $Cu$ ,  $Ta$ ,  $TaN$ , aber auch Oxide, wie etwa  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $Ta_2O_5$  usw., in Frage.

[0037] Fig. 2a-e zeigen eine Darstellung der wesentlichen

Verfahrensschritte einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Stapel aus 2 Hartmaskenschichten.

[0038] Falls beispielsweise die Reste der Photolackmaske nach Ätzung der Schicht 1 entfernt werden, ergibt sich aus obiger Formel (1) im Fall einer solchen zweilagigen Hartmaske bei gegebenem  $d_2$  die erforderliche Schichtdicke  $d_1$ :

$$d_1 = [d_2/S_{2,2,1}] \times [1 + f_{oe,2}]/[1 - f_{ue,1} + (S_{1,2}/S_{2,2,1})f_{oe,1}]$$

[0039] Gemäß Fig. 2a ist zunächst ein Stapel der Hartmaskenschichten 1, 2 und der lithographisch strukturierten Photolackschicht 0 auf dem Substrat 10 mit der zu ätzenden Schicht 3 vorgesehen, wobei die Schicht 3 als zum Substrat 10 gehörig definiert sein kann bzw. das Substrat selbst verkörpern kann.

[0040] Dann erfolgt gemäß Fig. 2b ein Strukturieren der Photolackschicht 0 zu einer Maske, mittels derer wiederum die Hartmaskenschicht 1 derart strukturiert wird, daß ein Bereich der unteren Hartmaskenschicht 2 freigelegt wird, wobei letztere, wie in Fig. 2b angedeutet, nur leicht angeätzt wird.

[0041] Es folgt gemäß Fig. 2c ein Entfernen der Photolackmaske 0.

[0042] In einem weiteren Schritt gemäß Fig. 2d findet ein Strukturieren der unteren Hartmaskenschicht 2 unter Verwendung der oberen Hartmaskenschicht 1 als Maske derart statt, daß ein Bereich des Substrats 10 freigelegt wird.

[0043] Dabei wird das Strukturieren der unteren Hartmaskenschicht 2 mittels eines Ätzprozesses durchgeführt, welcher eine hohe Selektivität gegenüber der oberen Hartmaskenschicht 1 aufweist.

[0044] Schließlich wird das Substrat 10 unter Verwendung der Hartmaskenschicht 2 zusammen mit der vorhandenen, nur teilweise aufgebrauchten bzw. weggeätzten Hartmaskenschicht 1 als Hartmaske geätzt, um so beispielsweise einen Deep Trench zu bilden.

[0045] Während der Ätzung des Substrats 10 fungiert der Rest der Hartmaskenschicht 1 je nach Wahl des Maskenmaterials 1 und/oder in Abhängigkeit vom Substratätzprozeß nur während eines Teils der Substratätzung als Hartmaske (z. B. beim Durchstoßen einer Zielschicht 3, bevor der Rest des Substrats unter Verwendung der Hartmaskenschicht 2 als Hartmaske geätzt wird), allgemein nur kurzzeitig als Hartmaske (bis der Rest der Hartmaskenschicht 1 aufgebraucht ist und die Hartmaskenschicht 2 die Funktion der Hartmaske für den wesentlichen Teil der Substratätzung übernimmt) oder gar nicht explizit als Hartmaske (wenn der Substratätzprozeß keine erhöhte Selektivität gegenüber dem Hartmaskenmaterial 1 aufweist und einzig Hartmaskenschicht 2 als Hartmaske dienen soll).

[0046] Im folgenden sollen exemplarisch noch ein paar weitere Ausführungsformen erwähnt werden.

[0047] Besonders zweckmäßig ist die abwechselnde Abscheidung zweier komplementärer Materialien X und Y zu einem Schichtpaket mit der Abfolge ...XYXYXY... (mindestens XY gemäß Fig. 2). Hier X und Y existieren mindestens zwei Ätzprozesse, die es ermöglichen, sowohl die Schicht X selektiv zur Schicht Y als auch die Schicht Y selektiv zur Schicht X zu ätzen. Vorstellbar sind z. B. die Paarungen Siliziumoxid-SiN (wobei SiO exemplarisch für verschiedene Siliziumoxide steht: Es wäre also auch BSG-SiN denkbar), Silizium-SiO<sub>2</sub> und Silizium-SiN, wobei Silizium hier für  $\alpha-Si$  und  $poly-Si$  steht. Man hätte dann eine Mehrschichthartmaske der Form SiN-SiO<sub>2</sub>-SiN... (oder SiO<sub>2</sub>-SiN... ) oder der Form ...-Si-SiO<sub>2</sub>... oder der Form ...-Si-SiN... Durch abwechselnde Anwendung selektiver Ätzungen lassen sich mit Hilfe dünner Photolackmasken rela-

tiv dicke Hartmasken strukturieren und damit in der Ziel-  
schicht bzw. im Substrat hohe Aspektverhältnisse realisie-  
ren.

[0048] Anwendungsmäßig gedacht wird z. B. an die  
Deep-Trench-Ätzung bei der DRAM-Herstellung. Bisher  
wird hier eine einfache Oxidmaske verwendet, wobei zwi-  
schen Oxidmaske und Substrat häufig noch ein Pad-Nitrid  
und eine oxidierte Si-Oberfläche liegen.

[0049] Hier liesse sich durch eine Hartmaskenkaskade be-  
stehend aus mindestens 2 Hartmaskenschichten XY eine Er-  
höhung der Ätztiefe im Silizium und damit eine Erhöhung  
der Kondensator-Kapazität erzielen. Man könnte also über  
der schon vorhandenen Oxidmaske z. B. noch eine SiN-  
oder Si- aber etwa auch eine Al oder  $Al_2O_3$ -Maskenschicht  
plazieren, die es ermöglichen würde, die für das Erreichen  
hoher Trench-Aspektverhältnisse nötige dicke Oxidmaske  
zu öffnen.

[0050] Ebenfalls attraktiv wäre eine Mehrschichthart-  
maske auch für die Strukturierung schwer ätzbarer Materia-  
lien wie z. B. Pt oder Ir, wie sie fuer die Elektroden eines  
Stacked Capacitor bzw. Stapelkondensators benötigt wer-  
den. Bei einem gegenwärtig intensiv untersuchten Pt-Ätz-  
prozess beträgt die Selektivität Pt :  $SiO_2$  etwa 1 : 3. Um nur  
250 nm Pt zu ätzen sind somit 750 nm  $SiO_2$  notwendig. Es  
ist abzusehen, dass bei 100 nm Minimalstrukturgröße Pt-  
Elektrodenhöhen von 400-700 nm benötigt werden. Es wä-  
ren dann  $SiO_2$ -Hartmaskenhöhen zwischen 1200 nm und  
2100 nm notwendig. Die Verwendung der oben beschriebe-  
nen Hartmasken-Kaskade kann auch hier Abhilfe schaffen.  
Eventuell wären noch eine weitere ARC-Schicht (ARC steht  
für Anti Reflection Coating = Antireflexionsbeschichtung)  
zwischen der Photolackmaske und der obersten Hartmas-  
kenschicht und/oder eine zusätzliche Barrierenschicht (z. B.  
TiN, TaSiN, usw.) zwischen Pt und der untersten Hartmas-  
kenschicht erforderlich.

[0051] In gewissen Fällen mag es auch notwendig sein,  
zusätzliche duenne Barrierenschichten zwischen die Hart-  
maskenschichten X und Y zu plazieren. Als Beispiel sei die  
Kombination Al- $SiO_2$  genannt. Al läßt sich z. B. in chlorhal-  
tigen Plasmen hervorragend ätzen, während es sich in fluor-  
haltigen Plasmen nur mit geringer Rate abtragen läßt. Bei  
 $SiO_2$  ist es genau umgekehrt. Hartmasken-Kaskaden aus  
... Al- $SiO_2$ -Al- $SiO_2$  ... sind somit möglich. Allerdings kann  
es sinnvoll sein, dünne TiN- und/oder Ti-Schichten zwi-  
schen  $SiO_2$  und Al abzuschneiden.

[0052] Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend an-  
hand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde,  
ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art  
und Weise modifizierbar.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

10 Substrat  
1, 2, 3, ..., n - 1, n Hartmaskenschichten  
0 Photolackmaske

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Hartmaske auf ein-  
em Substrat (10), insbesondere auf einer Hauptfläche  
eines Halbleitersubstrats, welches folgende Schritte  
aufweist:

- Bilden einer ersten Hartmaskenschicht (n) auf  
dem Substrat (10);
- Bilden mindestens einer weiteren Hartmasken-  
schicht (n - 1) auf der ersten Hartmaskenschicht  
(n);
- Strukturieren der weiteren Hartmaskenschicht

(n - 1) derart, daß ein Bereich der ersten Hartmas-  
kenschicht (n) freigelegt wird; und  
d) Strukturieren der ersten Hartmaskenschicht (n)  
unter Verwendung der weiteren Hartmasken-  
schicht (n - 1) als Maske derart, daß ein Bereich  
des Substrats (10) freigelegt wird,

dadurch gekennzeichnet, daß

mehrere weitere Hartmaskenschichten (n - 1, n - 2,  
..., 1) auf der ersten Hartmaskenschicht (n) gebildet  
werden, welche sukzessive unter Verwendung minde-  
stens einer darüberliegenden Hartmaskenschicht als  
Maske strukturiert werden, bis der Bereich des Sub-  
strats (10) freigelegt ist, und

die Hartmaskenschichten (n, n - 1, ..., 1) einen Stapel  
mit nach unten in Richtung auf das Substrat (10) zu-  
nehmender Dicke bzw. Resistenz der jeweiligen Maske  
gegen ein beim Strukturieren der im Stapel unter dieser  
Maske liegenden Hartmaskenschicht bzw. des Sub-  
strats (10) verwendetes Ätzmittel bilden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-  
net, daß das Strukturieren benachbarter Hartmasken-  
schichten (i, i - 1) mittels zweier unterschiedlicher Ätz-  
prozesse durchgeführt wird, welche es ermöglichen,  
die obere Hartmaskenschicht (i - 1) mit bestimmter Se-  
lektivität gegenüber der unteren Hartmaskenschicht (i)  
zu ätzen sowie die untere Hartmaskenschicht (i) mit  
hoher Selektivität gegenüber der oberen Hartmasken-  
schicht (i - 1) zu ätzen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß das Strukturieren der obersten Hartmas-  
kenschicht (1) mit einer Photolackmaske (0) durchge-  
führt wird, wobei optionell zwischen der Photolack-  
maske (0) und der obersten Hartmaskenschicht (1) eine  
dünne Antireflexionsschicht (ARC) vorgesehen ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Photolackmaske (0) nach dem Strukturie-  
ren der obersten Hartmaskenschicht (1) entfernt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, da-  
durch gekennzeichnet, daß nach dem Freilegen des  
Substrats (10) ein Rest der zweituntersten Hartmasken-  
schicht (n - 1) auf der untersten Hartmaskenschicht (n)  
verbleibt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, da-  
durch gekennzeichnet, daß alternierend Hartmasken-  
schichten (i, i - 1) zweier verschiedener Typen gebildet  
werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, da-  
durch gekennzeichnet, daß mit mindestens einer Hart-  
maskenschicht (i - 2) gleichzeitig mindestens zwei dar-  
unter liegende Hartmaskenschichten (i - 1, i) geöffnet  
werden.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,  
daß die beiden Materialien der Hartmaskenschicht-  
ten aus folgenden Paaren ausgewählt sind: Si- $SiO_2$ ; Si-  
SiN;  $SiO_2$ -SiN;  $SiO_2$ -Al.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Materialien der Hart-  
maskenschichten aus folgenden ausgewählt sind: Sili-  
zium, insbesondere  $\alpha$ -Si, Poly-Si; Siliziumoxide, ins-  
besondere  $SiO$ ,  $SiO_2$ ; Borsilikatglas BSG, Bor-Phos-  
phor-Silikatglas BPSG; Flowable Oxide FOX, TEOS,  
SOG, ...; SiN; Si-OxNy; W; WSi; Ti; TiN; TiSi; Al;  
Cu; Ta; TaN; Metalloxide, insbesondere  $Al_2O_3$ .

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, da-  
durch gekennzeichnet, daß zwischen zwei benachbar-  
ten Hartmaskenschichten und/oder zwischen dem Sub-  
strat (10) und der ersten Hartmaskenschicht eine dünne  
Barrierenschicht aus TiN oder Ti gebildet wird.

11. Anwendung der nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 hergestellten Hartmaske zur Ätzung von einer Zielschicht, Mehrfachzielschichten oder einem Substrat, insbesondere bestehend aus Si, SiO<sub>2</sub>, SiN. 5
12. Anwendung der nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 hergestellten Hartmaske zur Kontaktlochatzung oder bei einer Deep Trench Ätzung oder bei einer Ätzung nicht-volatiler Materialien, wie z. B. Pt, Ir o. ä. 10
13. Anwendung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Hartmaskenschichten folgendermaßen aufgebaut sind: Oxid-X-Oxid-X... , insbesondere Oxid-X oder Oxid-X-Oxid, wobei X = Silizium, insbesondere α-Si, Poly-Si; SiN; Al; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; oder Oxid-X 15 wobei X = A-B = Si-SiO<sub>2</sub>; Si-SiN; Si-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; SiN-SiO<sub>2</sub>; Al-SiO<sub>2</sub>; Al-SiN; Al-SiON (Erstgenanntes jeweils zuunterst), wobei Oxid bzw. SiO<sub>2</sub> auch für ABSG, BPSG, TEOS, FOX, SOG u. ä. stehen.
14. Anwendung der nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 hergestellten Hartmaske zur Strukturierung der für einen Stapelkondensator notwendigen Elektrodenstruktur im Fall einer Ätzung mit hohem Aspektverhältnis in Polysilizium und/oder SiO<sub>2</sub>. 20 25

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG 1

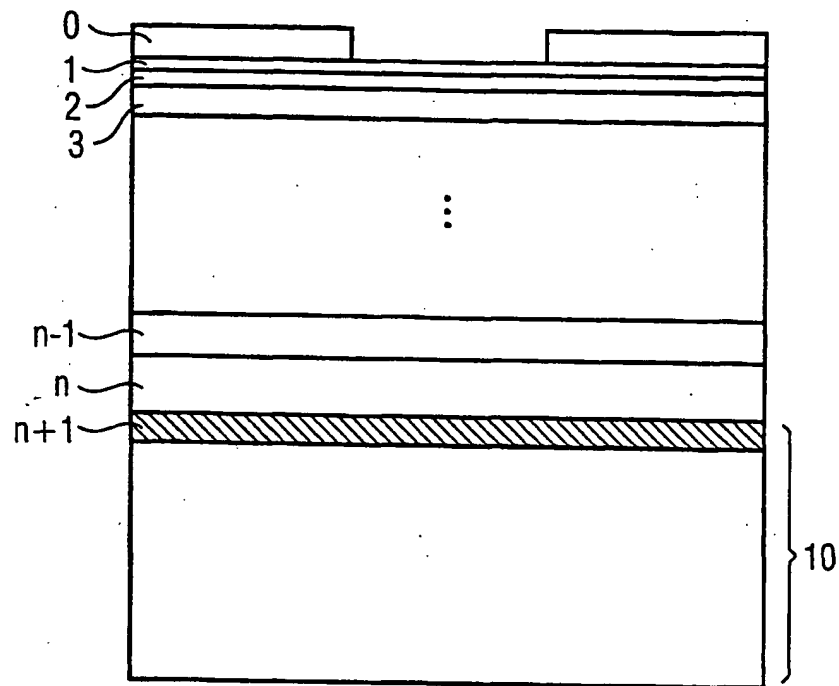


FIG 2A

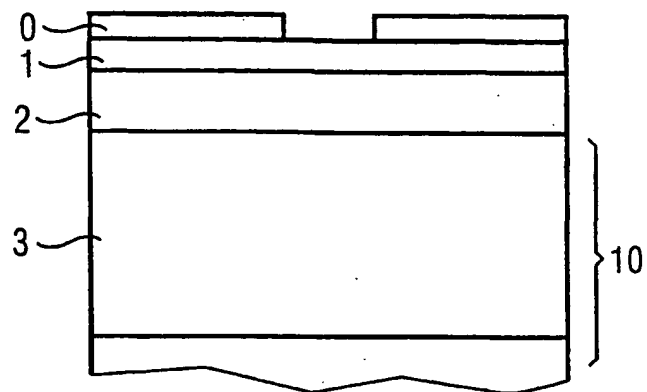


FIG 2B

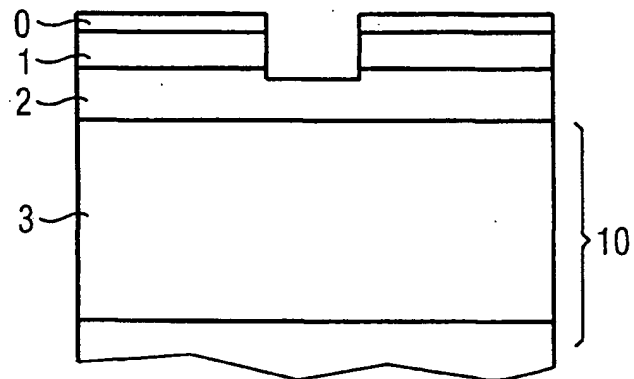


FIG 2C

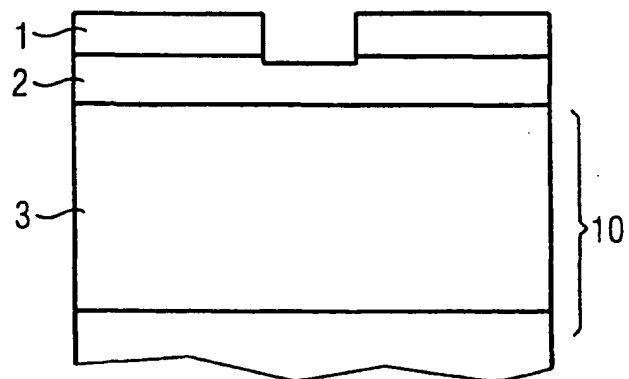


FIG 2D

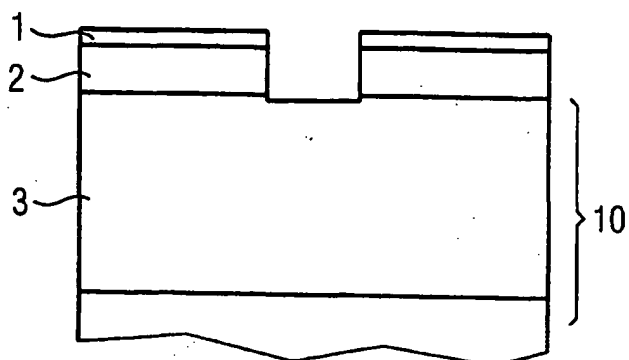


FIG 2E

